

CLIPPEDIMAGE= JP410051395A
PAT-NO: JP410051395A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10051395 A
TITLE: OPTICAL FIBER AMPLIFIER

PUBN-DATE: February 20, 1998

INVENTOR-INFORMATION:

NAME
NAKAMURA, TOSHIO
MAEDA, HIDENARI
WATANABE, TAKASHI
WAKABAYASHI, MANABU

ASSIGNEE-INFORMATION:

| | |
|-------------------------|---------|
| NAME | COUNTRY |
| OKI ELECTRIC IND CO LTD | N/A |

APPL-NO: JP08203511
APPL-DATE: August 1, 1996

INT-CL (IPC): H04B010/28; H04B010/26 ; H04B010/14 ; H04B010/04 ;
H04B010/06
; H04B010/17 ; H04B010/16 ; H04B010/02 ; H04B010/18 ; H04J014/00
; H04J014/02

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily prevent production of optical surge.

SOLUTION: An optical fiber amplifier 10 has an optical isolator 2 and an optical multiplexer 3 to stimulate an erbium in an optical fiber 5 with a stimulated light from a stimulation light source 4 and to give a signal light Ii to an EDF 5 (Er doped optical fiber) so as to cause stimulated emission of radiation thereby amplifying the Ii. As the Ii is smaller, the amplifier gain of the EDFA 10 (Er doped fiber amplifier) is larger and a natural emission optical power is increased. An optical demultiplexer 6 is used to apply wavelength demultiplexing a natural emission light Iedf(A) not including a signal optical wavelength component from an output light of the EDFA 10 and the Iedf(A) is given to a photodiode 7, in which the light is

converted into a
voltage V_a , the voltage V_a is compared with a reference voltage
 V_{ref} at a
voltage comparator 8 and in the case of $V_a < V_{ref}$, a control
voltage V_{cont} is
inverted to an L level, supply of the stimulated light from the
stimulated
light source 4 to the EDF 5 is stopped to block the increase in
the amplifier
gain of the EDF 5 so as to prevent an optical surge signal caused
when the I_i
is increased from a very small level.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-51395

(43) 公開日 平成10年(1998) 2月20日

| (51) Int.Cl. ^a | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|---------------------------|-------|--------|--------------|--------|
| H 0 4 B | 10/28 | | H 0 4 B 9/00 | Y |
| | 10/26 | | | J |
| | 10/14 | | | M |
| | 10/04 | | | E |
| | 10/06 | | | |

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

| | | | |
|-----------|-----------------|----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願平8-203511 | (71) 出願人 | 000000295 沖電気工業株式会社 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 |
| (22) 出願日 | 平成8年(1996) 8月1日 | (72) 発明者 | 中村 利男 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内 |
| | | (72) 発明者 | 前田 英成 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内 |
| | | (72) 発明者 | 渡辺 孝 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内 |
| | | (74) 代理人 | 弁理士 前田 実 |

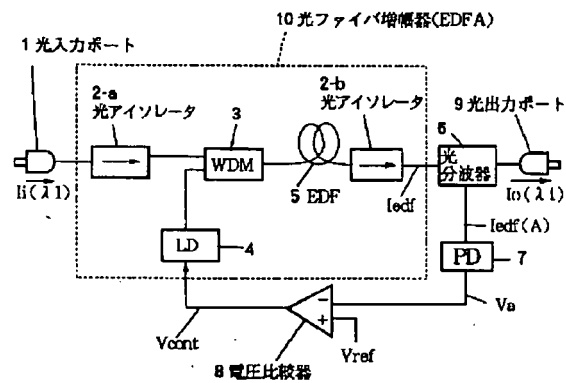
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバ増幅装置

(57) 【要約】

【課題】 容易に光サージの発生を防止することができる。

【解決手段】 光ファイバ増幅器10は、光アイソレータ2と、光多重器3と、励起光源4からの励起光により光ファイバ5中のエルビウムを励起させ、EDF5に信号光I_iを入力して誘導放出を生じさせ、I_iを増幅する。I_iが小さきほどEDFA10の増幅利得は大きくなり、自然放出光パワーが大きくなる。光分波器6によってEDFA10の出力光から信号光波長成分を含まない自然放出光I_{edf}(A)を波長分波し、このI_{edf}(A)をフォトダイオード7によりそのレベルに応じた電圧V_aに変換し、このV_aを電圧比較器8で基準電圧V_{ref}と比較し、V_a<V_{ref}のとき制御電圧V_{cont}を“L”に反転し、励起光源4からのEDF5への励起光供給を停止してEDF5の増幅利得の増加を阻止し、I_iが微小レベルから増加したときに発生する光サージを防止する。



本発明の第1の実施形態

【特許請求の範囲】

【請求項1】 励起光源からの励起光により含有する不純物が励起状態にある光ファイバに、外部から入力された信号光を入射させて誘導放出増幅する光ファイバ増幅器と、

前記光ファイバ増幅器の出力光から前記信号光の波長を含まない自然放出光成分を分波する光分波器と、

前記光分波器により分波された自然放出光のレベルを検出し、この検出レベルが予め設定されている基準値以上であるとき前記光ファイバへの前記励起光の供給を停止させる光サージ防止手段とを有することを特徴とする光ファイバ増幅装置。

【請求項2】 励起光源からの励起光により含有する不純物が励起状態となっている第1の光ファイバに、外部から入力された信号光を入射させて誘導放出増幅する第1の光ファイバ増幅器と、

前記励起光源または別の励起光源からの励起光により含有する不純物が励起状態となる第2の光ファイバに前記第1の光ファイバ増幅器で増幅された信号光を入射させて誘導放出増幅する第2の光ファイバ増幅器と、

前記第1または第2の光ファイバ増幅器の出力光から前記信号光の波長を含まない自然放出光成分を分波する光分波器と、
前記光分波器により分波された自然放出光のレベルを検出し、この自然放出光のレベルが予め設定されている基準値以上であるとき前記第1および第2の光ファイバへの前記励起光源からの励起光供給を停止させる光サージ防止手段を設けたことを特徴とする光ファイバ増幅装置。

【請求項3】 前記光分波器は、

透過波長帯域に前記信号光の波長を含み、入力光の透過波長帯域外成分を反射するバンドパスフィルタと、前記光ファイバ増幅器の出力光が入力され、これを前記バンドパスフィルタに入射させる第1のポートと、前記バンドパスフィルタの透過光である前記信号光成分を出力する第2のポートと、前記バンドパスフィルタの反射光である前記自然放出光成分を出力する第3のポートとを有するバンドパスフィルタモジュール、

あるいは、透過波長帯域に前記信号光の波長を含まず、入力光の透過波長帯域外成分を反射するバンドパスフィルタと、前記光ファイバ増幅器の出力光が入力され、これを前記バンドパスフィルタに入射させる第1のポートと、前記バンドパスフィルタの透過光である前記自然放出光成分を出力する第2のポートと、前記バンドパスフィルタの反射光である前記信号光成分を出力する第3のポートとを有するバンドパスフィルタモジュールのいずれかであることを特徴とする請求項1または2に記載の光ファイバ増幅装置。

【請求項4】 前記光分波器は、

反射波長帯域に前記信号光の波長を含み、入力光の反射

波長帯域内成分を反射し、反射波長帯域外成分を透過するグレーティングファイバと、

前記光ファイバ増幅器の出力光が入力される光入力端子、前記グレーティングファイバの一端に接続された光入出力端子、および光出力端子を備え、前記光ファイバ増幅器の出力光を光入出力端子から出力し、前記グレーティングファイバで反射され、光入出力端子に入力された前記信号光成分を光出力端子から出力する光サーキュレータからなることを特徴とする請求項1または2に記載の光ファイバ増幅装置。

【請求項5】 励起光源からの励起光により含有する不純物が励起状態となっている第1の光ファイバに、第1の波長からなる第1の信号光を入射させて誘導放出増幅する第1の光ファイバ増幅器と、

前記励起光源または別の励起光源からの励起光により含有する不純物が励起状態となっている第2の光ファイバに、第2の波長からなる第2の信号光を入射させて誘導放出増幅する第2の光ファイバ増幅器と、

前記第2の信号光が外部から入力される光入出力端子、前記第1の光ファイバ増幅器の出力光が入力される光入力端子、および第1、第2の光出力端子を備え、前記第1の光ファイバ増幅器の出力光を第1の波長を含む信号光成分と第1の波長を含まない自然放出光成分に分波し、信号光成分を前記光入出力端子から、自然放出光成分を第1の光出力端子からそれぞれ出力し、また前記第2の信号光を第2の光出力端子から前記第2の光ファイバ増幅器に出力する第1の双方向光分波器と、

前記第1の信号光が外部から入力される光入出力端子、前記第2の光ファイバ増幅器の出力光が入力される光入力端子、および第1、第2の光出力端子を備え、前記第2の光ファイバ増幅器の出力光を第2の波長を含む信号光成分と第2の波長を含まない自然放出光成分に分波し、信号光成分を前記光入出力端子から、自然放出光成分を第2の光出力端子からそれぞれ出力し、また前記第1の信号光を第2の光出力端子から前記第1の光ファイバ増幅器に出力する第2の双方向光分波器とを有することを特徴とする光ファイバ増幅装置。

【請求項6】 前記第1の双方向光分波器により分波された自然放出光成分のレベルを検出し、この自然放出光のレベルが予め設定されている基準値以上であるとき前記第1の光ファイバへの励起光供給を停止させる第1の光サージ防止手段と、

前記第2の双方向光分波手段により分波された自然放出光のレベルを検出し、この自然放出光のレベルが予め設定されている基準値以上であるとき前記第2の光ファイバへの励起光供給を停止させる第2の光サージ防止手段とを設けたことを特徴とする請求項5に記載の光ファイバ増幅装置。

【請求項7】 前記第1の双方向光分波器は、

透過波長帯域に前記第1の波長を含まず前記第2の波長

10

20

30

40

50

を含み、入力光の透過波長帯域外成分を反射するバンドパスフィルタと、前記光入出力端子、光入力端子、および第1、第2の光出力端子にそれぞれ対応する4つのポートとを備え、光入力端子対応ポートから入力され、前記バンドパスフィルタで反射された光を光入出力端子対応ポートから出力するとともに、透過した光を第1の光出力端子対応ポートから出力し、また光入出力端子対応ポートから入力され、前記バンドパスフィルタを透過した光を第2の光出力端子対応ポートから出力するバンドパスフィルタモジュール、

あるいは、透過波長帯域に前記第1の波長を含んで前記第2の波長を含まず、入力光の透過波長帯域外成分を反射するバンドパスフィルタと、前記4つのポートとを備え、光入力端子対応ポートから入力され、前記バンドパスフィルタを透過した光を光入出力端子対応ポートから出力するとともに、反射された光を第1の光出力端子対応ポートから出力し、また光入出力端子対応ポートから入力され、前記バンドパスフィルタで反射された光を第2の光出力端子対応ポートから出力するバンドパスフィルタモジュールのいずれかであり、

前記第2の双方向光分波器は、

透過波長帯域に前記第1の波長を含んで前記第2の波長を含まず、入力光の透過波長帯域外成分を反射するバンドパスフィルタと、前記4つのポートとを備え、光入力端子対応ポートから入力され、前記バンドパスフィルタで反射された光を光入出力端子対応ポートから出力するとともに、透過した光を第1の光出力端子対応ポートから出力し、また光入出力端子対応ポートから入力され、前記バンドパスフィルタを透過した光を第2の光出力端子対応ポートから出力するバンドパスフィルタモジュール、

あるいは、透過波長帯域に前記第1の波長を含まず前記第2の波長を含み、入力光の透過波長帯域外成分を反射するバンドパスフィルタと、前記光入出力端子、光入力端子、および第1、第2の光出力端子にそれぞれ対応する4つのポートとを備え、光入力端子対応ポートから入力され、前記バンドパスフィルタを透過した光を光入出力端子対応ポートから出力するとともに、反射された光を第1の光出力端子対応ポートから出力し、また光入出力端子対応ポートから入力され、前記バンドパスフィルタで反射された光を第2の光出力端子対応ポートから出力するバンドパスフィルタモジュールのいずれかであることを特徴とする請求項5または6に記載の光ファイバ増幅装置。

【請求項8】 前記光サージ防止手段は、前記光分波器からの前記自然放光成分のレベルに応じた検出電圧を出力する光電変換器と、前記検出電圧を予め設定されている基準電圧と比較し、前記検出電圧が前記基準電圧以上であるとき前記光ファイバへの前記励起光からの励起光供給を停止させる比較

器とを有することを特徴とする請求項1ないし7のいずれかに記載の光ファイバ増幅装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、エルビウム(Er)等の不純物を添加した光ファイバを用いた光ファイバ増幅装置に関し、特に光サージを防止する手段を備えた光ファイバ増幅装置に関するものである。

【0002】

10 【従来の技術】図10は従来の光ファイバ増幅装置の一例を示す回路構成図である。励起光源(LD)104から光多重器(WDM)103を介して入力される励起光によりEr添加光ファイバ(EDF)105中のエルビウムを励起し、光入力ポート101からの入力光により励起準位のErに誘導放出を生じさせて入力光を増幅するものである。尚、これを誘導放出増幅と称する。

【0003】このとき入力光パワーが小さいほど反転分布(励起準位にあるErの濃度)は大きくなる。増幅利得は反転分布により決まり、ある程度入力パワーがある状態では入力光パワーに関わらず出力光パワーはほぼ一定となるが、入力光パワーが0または微小値から急激に大きくなると、入力光パワーが増大する以前の非常に大きな増幅利得で入力光が増幅され、出力光パワーが瞬間的に非常に大きくなってしまふ光サージが発生する。

【0004】この光サージを防止するために、入力ポート101からの入力光パワーの一部を光カップラ(CP)111で分岐し、フォトダイオード(PD)107で電圧Vinに変換してモニタし、このVinを電圧比較器108により基準電圧Vrefと比較することにより、入力光パワーが所定の微小値以下になると(すなわち増幅利得が所定値以上となると)、励起光源104からの励起光を遮断することにより、光サージを防止していた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記従来の光ファイバ増幅装置においては、微小レベルの入力光をさらに光分岐してそのレベルを監視する必要があるので、高精度で高S/N比の入力光監視系を要求されるといふ問題があった。

【0006】本発明はこのような従来の問題を解決するものであり、容易に光サージの発生を防止することができる光ファイバ増幅装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために本発明の請求項1に記載の光ファイバ増幅装置は、励起光源からの励起光により含有する不純物が励起状態にある光ファイバに、外部から入力された信号光を入射させて誘導放出増幅する光ファイバ増幅器と、前記光ファイバ増幅器の出力光から前記信号光の波長を含まない自然放光成分を分波する光分波器と、前記光分波器により分波された自然放光のレベルを検出し、この検出

レベルが予め設定されている基準値以上であるとき前記光ファイバへの前記励起光の供給を停止させる光サージを防止する光サージ防止手段とを有することを特徴とするものである。

【0008】また請求項2に記載の光ファイバ増幅装置は、励起光源からの励起光により含有する不純物が励起状態となっている第1の光ファイバに、外部から入力された信号光を入射させて誘導放出増幅する第1の光ファイバ増幅器と、前記励起光源または別の励起光源からの励起光により含有する不純物が励起状態となる第2の光ファイバに前記第1の光ファイバ増幅器で増幅された信号光を入射させて誘導放出増幅する第2の光ファイバ増幅器と、前記第1または第2の光ファイバ増幅器の出力光から前記信号光の波長を含まない自然放出光成分を分波する光分波器と、前記光分波器により分波された自然放出光のレベルを検出し、この自然放出光のレベルが予め設定されている基準値以上であるとき前記第1および第2の光ファイバへの前記励起光源からの励起光供給を停止させる光サージ防止手段を設けたことを特徴とするものである。

【0009】請求項3に記載の光ファイバ増幅装置は、前記光分波器が、透過波長帯域に前記信号光の波長を含み、入力光の透過波長帯域外成分を反射するバンドパスフィルタと、前記光ファイバ増幅器の出力光が入力され、これを前記バンドパスフィルタに入射させる第1のポートと、前記バンドパスフィルタの透過光である前記信号光成分を出力する第2のポートと、前記バンドパスフィルタの反射光である前記自然放出光成分を出力する第3のポートとを有するバンドパスフィルタモジュール、あるいは、透過波長帯域に前記信号光の波長を含まず、入力光の透過波長帯域外成分を反射するバンドパスフィルタと、前記光ファイバ増幅器の出力光が入力され、これを前記バンドパスフィルタに入射させる第1のポートと、前記バンドパスフィルタの透過光である前記自然放出光成分を出力する第2のポートと、前記バンドパスフィルタの反射光である前記信号光成分を出力する第3のポートとを有するバンドパスフィルタモジュールのいずれかであることを特徴とするものである。

【0010】請求項4に記載の光ファイバ増幅装置は、前記光分波器が、反射波長帯域に前記信号光の波長を含み、入力光の反射波長帯域内成分を反射し、反射波長帯域外成分を透過するグレーティングファイバと、前記光ファイバ増幅器の出力光が入力される光入力端子、前記グレーティングファイバの一端に接続された光入出力端子、および光出力端子を備え、前記光ファイバ増幅器の出力光を光入出力端子から出力し、前記グレーティングファイバで反射され、光入出力端子に入力された前記信号光成分を光出力端子から出力する光サーキュレータからなることを特徴とするものである。

【0011】請求項5に記載の光ファイバ増幅装置は、

励起光源からの励起光により含有する不純物が励起状態となっている第1の光ファイバに、第1の波長からなる第1の信号光を入射させて誘導放出増幅する第1の光ファイバ増幅器と、前記励起光源または別の励起光源からの励起光により含有する不純物が励起状態となっている第2の光ファイバに、第2の波長からなる第2の信号光を入射させて誘導放出増幅する第2の光ファイバ増幅器と、前記第2の信号光が外部から入力される光入出力端子、前記第1の光ファイバ増幅器の出力光が入力される光入力端子、および第1、第2の光出力端子を備え、前記第1の光ファイバ増幅器の出力光を第1の波長を含む信号光成分と第1の波長を含まない自然放出光成分に分波し、信号光成分を前記光入出力端子から、自然放出光成分を第1の光出力端子からそれぞれ出力し、また前記第2の信号光を第2の光出力端子から前記第2の光ファイバ増幅器に出力する第1の双方向光分波器と、前記第1の信号光が外部から入力される光入出力端子、前記第2の光ファイバ増幅器の出力光が入力される光入力端子、および第1、第2の光出力端子を備え、前記第2の光ファイバ増幅器の出力光を第2の波長を含む信号光成分と第2の波長を含まない自然放出光成分に分波し、信号光成分を前記光入出力端子から、自然放出光成分を第2の光出力端子からそれぞれ出力し、また前記第1の信号光を第2の光出力端子から前記第1の光ファイバ増幅器に出力する第2の双方向光分波器とを有することを特徴とするものである。

【0012】請求項6に記載の光ファイバ増幅装置は、請求項5において、前記第1の双方向光分波器により分波された自然放出光成分のレベルを検出し、この自然放出光のレベルが予め設定されている基準値以上であるとき前記第1の光ファイバへの励起光供給を停止させる第1の光サージ防止手段と、前記第2の双方向光分波手段により分波された自然放出光のレベルを検出し、この自然放出光のレベルが予め設定されている基準値以上であるとき前記第2の光ファイバへの励起光供給を停止させる第2の光サージ防止手段とを設けたことを特徴とするものである。

【0013】請求項7に記載の光ファイバ増幅装置は、前記第1の双方向光分波器が、透過波長帯域に前記第1の波長を含まず前記第2の波長を含み、入力光の透過波長帯域外成分を反射するバンドパスフィルタと、前記光入出力端子、光入力端子、および第1、第2の光出力端子にそれぞれ対応する4つのポートとを備え、光入力端子対応ポートから入力され、前記バンドパスフィルタで反射された光を光入出力端子対応ポートから出力するとともに、透過した光を第1の光出力端子対応ポートから出力し、また光入出力端子対応ポートから入力され、前記バンドパスフィルタを透過した光を第2の光出力端子対応ポートから出力するバンドパスフィルタモジュール、あるいは、透過波長帯域に前記第1の波長を含んで

前記第2の波長を含まず、入力光の透過波長帯域外成分を反射するバンドパスフィルタと、前記4つのポートとを備え、光入力端子対応ポートから入力され、前記バンドパスフィルタを透過した光を光入出力端子対応ポートから出力するとともに、反射された光を第1の光出力端子対応ポートから出力し、また光入出力端子対応ポートから入力され、前記バンドパスフィルタで反射された光を第2の光出力端子対応ポートから出力するバンドパスフィルタモジュールのいずれかであり、前記第2の双方向光分波器が、透過波長帯域に前記第1の波長を含んで前記第2の波長を含まず、入力光の透過波長帯域外成分を反射するバンドパスフィルタと、前記4つのポートとを備え、光入力端子対応ポートから入力され、前記バンドパスフィルタで反射された光を光入出力端子対応ポートから出力するとともに、透過した光を第1の光出力端子対応ポートから出力し、また光入出力端子対応ポートから入力され、前記バンドパスフィルタを透過した光を第2の光出力端子対応ポートから出力するバンドパスフィルタモジュール、あるいは、透過波長帯域に前記第1の波長を含まず前記第2の波長を含み、入力光の透過波長帯域外成分を反射するバンドパスフィルタと、前記光入出力端子、光入力端子、および第1、第2の光出力端子にそれぞれ対応する4つのポートとを備え、光入力端子対応ポートから入力され、前記バンドパスフィルタを透過した光を光入出力端子対応ポートから出力するとともに、反射された光を第1の光出力端子対応ポートから出力し、また光入出力端子対応ポートから入力され、前記バンドパスフィルタで反射された光を第2の光出力端子対応ポートから出力するバンドパスフィルタモジュールのいずれかであることを特徴とするものである。

【0014】請求項8に記載の光ファイバ増幅装置は、前記光サージ防止手段が、前記光分波器からの前記自然放出光成分のレベルに応じた検出電圧を出力する光電変換器と、前記検出電圧を予め設定されている基準電圧と比較し、前記検出電圧が前記基準電圧以上であるとき前記光ファイバへの前記励起光からの励起光供給を停止させる比較器とを有することを特徴とするものである。

【0015】ここで、上記の不純物が添加された光ファイバにおいては光入力光パワーが小さいほど光ファイバ増幅器の自然放出光パワーが大きくなるという関係があり、入力光レベルが光サージを発生させるような微小領域であるときには、上記光分波器によって分波された自然放出光のレベルは高精度の監視系を用いずに容易に監視できる。

【0016】従って上記請求項1に記載の光ファイバ増幅装置によれば、1つの光ファイバ増幅器を有する光ファイバ増幅装置において、光分波器によって光ファイバ増幅器の出力光から信号光波長を含まない自然放出光を波長分波し、この自然放出光のレベルに基づいて光サージ防止手段により励起光の供給を制御することにより、

容易に光サージの発生を防止することができる。

【0017】また上記請求項2に記載の光ファイバ増幅装置によれば、プリアンプとポストアンプの関係となる第1、第2の光ファイバ増幅器を有する光ファイバ増幅装置において、光分波器によって第1または第2の光ファイバ増幅器からの自然放出光を波長分波し、この自然放出光レベルに基づいて光サージ防止手段によって第1および第2の光ファイバへの励起光の供給を制御することにより、容易に光サージの発生を防止することができる。

【0018】上記請求項5に記載の光ファイバ増幅装置によれば、第1の双方向光分波器によって、第1の光ファイバ増幅器の出力光を第1の波長を含む信号光成分と第1の波長を含まない自然放出光成分に分波し、信号光成分を前記光入出力端子から、自然放出光成分を第1の光出力端子からそれぞれ出力し、また前記第2の信号光を第2の光出力端子から第2の光ファイバ増幅器に出力し、また第2の双方向光分波器によって、第2の光ファイバ増幅器の出力光を第2の波長を含む信号光成分と第2の波長を含まない自然放出光成分に分波し、信号光成分を前記光入出力端子から、自然放出光成分を第2の光出力端子からそれぞれ出力し、また第1の信号光を第2の光出力端子から第1の光ファイバ増幅器に出力することにより、第1、第2の双方向光分波器の光入出力端子を2つの外部接続ポートとする双方向の光ファイバ増幅装置において、第1、第2の光ファイバの自然放出光を分波することができる。

【0019】上記請求項6に記載の光ファイバ増幅装置によれば、第1の双方向光分波器により分波された第1の光ファイバからの自然放出光のレベルに基づいて第1の光サージ防止手段によって第1の光ファイバへの励起光供給を制御し、第2の双方向光分波手段により分波された第2の光ファイバからの自然放出光のレベルに基づいて第2の光ファイバへの励起光供給を制御することにより、双方向の光ファイバ増幅装置において容易に光サージの発生を防止することができる。

【0020】

【発明の実施の形態】

第1の実施形態

図1は本発明の第1の実施形態の光ファイバ増幅装置の回路構成図である。この光ファイバ増幅装置はエルビウム（以下、Erと表記する）添加光ファイバを用いたものであり、光入力ポート1と、光ファイバ増幅器（EDFA）10と、光分波器6と、フォトダイオード（PD）7と、電圧比較器8と、光出力ポート9とを有する。EDFA10は、光アイソレータ2-aおよび2-bと、光多重器（WDM）3と、励起光源（LD）4と、エルビウム添加光ファイバ（EDF）5からなる。またPD7と電圧比較器8は光サージ防止手段を構成する。

【0021】光アイソレータ2は、光入力端子と光出力端子を有し、光入力端子から入力された光を光出力端子に透過し、光出力端子から入力された光を減衰させて入力端子側へ導波させない、すなわち図中シンボルの矢印方向にしか光を導波させない光部品であり、光アイソレータ2-aの光入力端子は波長 λ_1 の信号光 I_i (λ_1)が入力される光入力ポート1にファイバ接続されている。

【0022】光多重器3は、光アイソレータ2-aの光出力端子にファイバ接続された第1の光入力端子と、励起光源4にファイバ接続された第2の光入力端子と、1つの光出力端子を有し、第1の光入力端子に入力された波長 λ_1 の信号光と第2の光入力端子に入力された波長 λ_s の励起光とを多重して光出力端子から出力するものである。

【0023】励起光源4は、半導体レーザを用いたものであり、制御電圧 V_{cont} がHighレベルのときに波長 λ_s の励起光を発生させ、この励起光をファイバ接続された光多重器3に入力し、 V_{cont} がLowレベルになると励起光の発生を停止する。励起光の波長 λ_s は、例えば980[nm]または1480[nm]である。

【0024】EDF5は、一端が光多重器3の光出力端子にファイバ接続され、他端が光アイソレータ2-bの光入力端子にファイバ接続されており、励起光源4からの励起光により添加されているエルビウムが励起され、光入力ポート1からの信号光により誘導放出を発生させることにより、入力光を増幅する。

【0025】光分波器6は、光アイソレータ2-bの光出力端子にファイバ接続された光入力端子と、光出力ポート9に接続された第1の光出力端子と、PD7に接続された第2の光出力端子とを有し、光入力端子から入力された光の信号光波長 λ_1 を含む成分光を第1の光出力端子から出力し、波長 λ_1 を含まない成分光を第2の光出力端子から出力するものであり、例えばバンドパスフィルタ(BPF)モジュール、あるいは光サーキュレータとグレーティングファイバからなるモジュールを用いる。

【0026】図2は光分波器6として用いられるBPFモジュールおよび光サーキュレータとグレーティングファイバによるモジュールの構成説明図であり、(a)はBPFモジュール、(b)は光サーキュレータとグレーティングファイバによるモジュールを示す。

【0027】図2(a)のBPFモジュールは、BPF21と4つの光入出力ポートa~dとを有する。BPF21は、波長 λ_{pc} を透過中心波長とし、透過波長帯域以外の波長成分を反射するフィルタ(図3(a))、または波長 λ_{pc} 以上の波長成分を透過させ、 λ_{pt} 以下の波長成分を反射させるフィルタ(図3(b))、または波長 λ_{pt} 以下の波長成分を透過させ、 λ_{pt} 以上の波長成分を反射させるフィルタ(図3(c))である。ポートaか

らの入力光のBPF21を透過した成分はポートcから出力され、BPF21で反射された成分はポートbから出力される。同様にポートbからの入力光の透過成分はポートdから出力され、反射成分はポートaから出力され、またポートcからの入力光の透過成分はポートaから出力され、反射成分はポートdから出力される。従って、光分波器6として用いるときは、例えばポートaを光アイソレータ2-bの光出力端子に接続し(光入力端子とする)、ポートbを光出力ポート9に接続し(第1の光出力端子とする)、ポートcをPD7に接続する(第2の光出力端子とする)。尚、信号光波長 λ_1 は、例えば1530~1550[nm]の間の単波長である。

【0028】また図2(b)において、光サーキュレータ25は、光入力端子INと、光出力端子OUTと、グレーティングファイバ26の一端に接続された光入出力端子I/Oとを有する。またグレーティングファイバ26は、入力光の波長 λ_p の成分のみを反射し、波長 λ_p 以外の成分を透過させる光ファイバである。このモジュールにおいて、光サーキュレータ25の端子INから入力された光は、端子I/Oからグレーティングファイバ26に入力される。波長 λ_r の成分はグレーティングファイバ26で反射されて端子I/Oに入力され、端子OUTから出力される。また波長 λ_r 以外の成分はグレーティングファイバ26を透過して他端から出力される。従ってこのモジュールを光分波器6として用いるときは、反射波長 λ_r を信号光波長 λ_1 とし、光サーキュレータ25の端子INを光入力端子とし、端子OUTを第1の光出力端子とし、グレーティングファイバ26の他端を第2の光出力端子とする。

【0029】PD7は、光分波器6からの波長 λ_1 以外の成分光をそのレベルに応じた電圧 V_a (ASE検出電圧と称する)に変換する。また電圧比較器8は、PD7で検出された V_a を基準電圧 V_{ref} と比較し、 $V_a < V_{ref}$ のとき“H”となり、 $V_a > V_{ref}$ のとき“L”となる制御電圧 V_{cont} を励起光源4に出力する。

【0030】次に、上記構成の光ファイバ増幅装置の動作について説明する。励起光源4からの励起光が光多重器3を介してEDF5に入力されると、EDF5のErイオンは基底準位から励起準位に遷移する。このときEDF5に信号光が入力されると、誘導放出が生じ、信号光が増幅されて出力され、励起準位のErイオンは基底準位に遷移する。

【0031】ここで、EDF5の増幅特性について説明する。図4はEDF5の増幅特性を説明する図である。尚、図4は増幅特性の説明のための模式的な図であり、多少厳密性に欠けるところもある。

【0032】EDF5において、入力信号光パワー P_i が一定であるときには、反転分布(励起準位にあるエルビウムの濃度)Nも一定となり、そのレベルは入力信号

11

光レベルが大きいかほど小さくなる(図4(a))。また信号光の増幅利得(潜在増幅利得とも言う)Gは反転分布のレベルが大きいかほど、すなわち入力光パワーPiが大きいかほど大きくなる(図4(b))。パワーPi0の信号光が定常入力されているときの反転分布をN0、増幅利得をG0とし、またパワーPi1(>Pi0)の信号光が定常入力されているときの反転分布をN1、増幅利得をG1とすると、 $N0 > N1$ 、 $G0 > G1$ となり、出力パワーPoはほぼ等しくPonとなる(図4(c))。

【0033】光サージは、入力光パワーPiが微小あるいは0である状態からステップ状に増加変化したときに発生する。時刻t0でPiがPi0からPi1に増加変化すると、反転分布Nおよび増幅利得Gはこの変化に追従できず、パワーPi1の入力光が瞬間的に利得G0によって増幅され、出力パワーPoは瞬間的に定常出力パワーPonより大きなPosとなる(図4(d))。このとき、反転分布Nおよび増幅利得Gは、図4(a)、(b)に示すように、点Aから点Bに遷移してから点Cに遷移する。上記のピークパワーPosは、近似的に $G0 \times Pi1$ と表せる。この出力パワーの瞬時上昇は、通常は問題ない。しかし、入力光パワーPiが0(無入力状態)であるときまたは微小であるときには、反転分布Nおよび増幅利得Gは非常に大きな値になり、入力光パワーPiの僅かな増加変化に対しても、ピークパワーPosは非常に大きなものとなって光サージを発生させ、後段の光伝送システムを構成する光部品等に悪影響を及ぼす。

【0034】励起されたErイオンは、信号光により誘導放出を生じるとともに、自然放出を生じ、これにより広帯域の雑音光となる自然放出光(ASE光と称する)がEDF5から出力される。自然放出を生じる確率は、入力光パワーPiが小さいほど増加し、従ってASE光のパワーPaは入力光パワーPiが小さいほど大きくなる。このASE光のパワー増加は入力光パワーPiの微小レベル領域(Piがある値Pit以下となる領域)で著しくなり(図4(c))、この領域においては信号光成分の増幅利得はあまり変化せず、ASE光パワーの増加という形で出力パワーPoがPonに保たれる。従ってASE光パワーPaをモニタすることにより、入力光パワーPiを知ることができ、ASE光パワーPaに基づいて、励起光源を遮断あるいは起動することにより、光サージの発生を防止することができる。

【0035】図1に戻り、図5に示すように入力信号光パワーPiが時刻t1でPi1から0となり、時刻t2でPiがPi2に増加変化したものとする。

【0036】まず光入力ポート1からEDF5に入力される信号光パワーPiが定常的にPi1であるときは(時刻t1以前は)、EDF5の増幅利得はG1であり、波長λ1の増幅信号光とパワーP1のASE光からなる光IedfがEDF5から出力される。この出力光Iedfは、アイソレータ2-bを介して光分波器6に入力さ

12

れ、光分波器6において信号光成分Io(λ1)と、λ1以外の波長成分(ASE光成分)Iedf(A)に分波される。信号光成分Io(λ1)は、光出力ポート9から外部光伝送路に出力され、またASE光成分Iedf(A)はPD7においてそのパワーP1に応じたASE検出電圧Va(その値をV1とする)に変換され、このV1は電圧比較器8の反転入力端子に与えられる。電圧比較器8の非反転入力端子に与えられている基準電圧Vrefは、ASE光Iedf(A)のパワーがPt(<P1、図4(c)参照)のときのASE検出電圧値に予め設定されており、従ってV1 < Vrefとなるので、励起光源4には“H”の制御電圧Vcontが出力されており、励起光源4は継続的に起動されている。

【0037】次に時刻t1で入力信号光パワーPiが0に変化すると、EDF5において、誘導放出の発生確率が減少して反転分布Nおよび増幅利得Gが増加し、自然放出の発生確率が増加してASE光パワーPaが上昇する。これによりASE検出電圧Vaのレベルも上昇し、VaがVref以上になると(このときPaはPt以上となる)、電圧比較器8は制御電圧Vcontを“L”に反転させて、励起光源4を遮断し、EDF5への励起光入力を停止させる。するとEDF5の反転分布Nおよび増幅利得Gの上昇が停止し、増幅利得Gは図4(c)に示すようにGtに保たれ、これ以上増大しなくなる。尚、時刻t1で入力信号光パワーPiがPt以下に変化したときの動作も上記と同様である。

【0038】これにより、時刻t2で入力信号光パワーPiがP1に増加変化しても、EDF5の出力光パワーPoの瞬時上昇は増幅利得Gtにより規定される値に抑えられ、光サージの発生が防止される。尚、パワーP1の信号光の入力によりEDF5における誘導放出の発生確率が増加し、自然放出の発生確率が減少してASE光パワーが低下し、ASE検出電圧Vaが基準電圧Vref以下になると、制御電圧Vcontは“L”に反転し、これにより励起光源4が起動され、EDF5への励起光入力が再開される。

【0039】このように上記第1の実施形態によれば、1つの光ファイバ増幅器(EDFA)10を有する光ファイバ増幅装置において、光分波器6によってEDFA10の出力光から信号光波長λ1を含まないASE光Iedf(A)を波長分波し、このIedf(A)をPD7によりそのレベルに応じた電圧Vaに変換し、この検出電圧Vaを電圧比較器8で基準電圧Vrefと比較し、Va < Vrefのとき制御電圧Vcontを“L”に反転し、励起光源4からのEDF5への励起光供給を停止してEDF5の増幅利得の増加を阻止することにより、容易に光サージの発生を防止することができる。

【0040】第2の実施形態

図6は本発明の第2の実施形態の光ファイバ増幅装置の回路構成図である。この光ファイバ増幅装置はEr添加

光ファイバを用いたプリアンプとポストアンプの2段の増幅器を有するものである。図6の光ファイバ増幅装置は、光入力ポート1と、プリアンプ31と、ポストアンプ32と、光分波器6と、フォトダイオード(PD)7と、電圧比較器8と、光出力ポート9とを有する。尚、図1と同じ構成要素には、同一符号を付してある。

【0041】プリアンプ31は、光アイソレータ2-aおよび2-bと、光多重器(WDM)3-aと、励起光源(LD)4-aと、エルビウム添加光ファイバ(EDF)5-aからなり、またポストアンプ32は、光アイソレータ2-cおよび2-dと、光多重器(WDM)3-bと、励起光源(LD)4-bと、エルビウム添加光ファイバ(EDF)5-bからなる。尚、プリアンプ31とポストアンプ32の構成要素は、図1の対応する構成要素と同じである。ただし、光多重器3-bとして、図2(a)に示すBPFモジュールを用いるときは、例えばポートbをEDF5-bの光出力端に接続し、ポートcを励起光源4に接続し、ポートdを光アイソレータの光入力端子に接続する。また励起光源4-aと4-bを共通光源としても良い。

【0042】光入力ポート1は光アイソレータ2-aの光入力端子にファイバ接続され、光出力ポート9は光アイソレータ2-dにファイバ接続されている。また光アイソレータ2-bの光出力端子は光分波器6の光入力端子にファイバ接続され、光アイソレータ2-cの光入力端子は光分波器6の第1の光出力端子にファイバ接続されている。

【0043】次に、図6の光ファイバ増幅装置の動作について説明する。以下の説明では、第1の実施形態と同様に、入力信号光パワー P_i が図5のように時刻 t_1 で P_{i2} から0となり、時刻 t_2 で P_i が P_{i2} に増加変化したものとする。

【0044】まず入力信号光 $I_i(\lambda_1)$ のパワーが定常的に P_{i1} であるときは(時刻 t_1 以前は)、入力信号光 $I_i(\lambda_1)$ は、励起光源4-aからの励起光によりEDF5-aに形成された反転分布に基づく増幅利得によりEDF5-aにおいて増幅される。EDF5-aの出力光 I_{edf1} は、光分波器6により信号光成分 $I_{edf1}(\lambda_1)$ とASE光成分 $I_{edf1}(A)$ に分波され、 $I_{edf1}(\lambda_1)$ はEDF5-bに入力され、 $I_{edf1}(A)$ はPD7によりASE検出電圧 $V_a(=V_1)$ に変換されて電圧比較器8に入力される。このとき $V_a < V_{ref}$ となるので、励起光源4-aおよび4-bには“H”の制御電圧 V_{cont} が出力されており、励起光源4-aおよび4-bは継続的に起動されている。また光分波器6により分波された信号光成分 $I_{edf1}(\lambda_1)$ は、励起光源4-bからの励起光によりEDF5-bに形成された反転分布に基づく増幅利得によりEDF5-bにおいて増幅され、EDF5-bの出力光(主に増幅された信号光成分) $I_o(\lambda_1)$ は光分波器3-bおよび光アイソレー

タ2-dを介して光出力ポート9から外部光伝送路に出力される。

【0045】次に時刻 t_1 で入力信号光パワー P_i が0に変化すると、EDF5-aにおける誘導放出の発生確率が減少して増幅利得が増加し、EDF5-aの出力ASE光パワーが上昇する。またEDF5-aの出力信号光パワーの減少変化に伴ってEDF5-bの増幅利得も増加する。これによりPD7によるASE検出電圧 V_a のレベルも上昇し、 $V_a > V_{ref}$ となると、電圧比較器8は制御電圧 V_{cont} を“L”に反転させて、励起光源4-aおよび4-bを遮断し、EDF5-aおよび5-bへの励起光入力を停止させ、EDF5-aおよび5-bの増幅利得の増大が阻止される。尚、時刻 t_1 で入力信号光パワー P_i が P_t 以下に変化したときの動作も上記と同様である。

【0046】これにより、時刻 t_2 で入力信号光パワーが P_1 に変化しても、EDF5-aおよび5-bにおける光サージの発生が防止される。尚、パワー P_1 の信号光の入力によりEDF5における誘導放出の発生確率が増加し、自然放出の発生確率が減少してASE光パワーが降下し、ASE検出電圧 V_a が基準電圧 V_{ref} 以下になると、制御電圧 V_{cont} は“L”に反転し、これにより励起光源4が起動され、EDF5への励起光入力が再開される。

【0047】このように上記第2の実施形態によれば、プリアンプ31とポストアンプ32を有する光ファイバ増幅装置において、光分波器6によってプリアンプ31からASE光 $I_{edf1}(A)$ を波長分波し、この $I_{edf1}(A)$ をPD7によりそのレベルに応じた電圧 V_a に変換し、この検出電圧 V_a を電圧比較器8で基準電圧 V_{ref} と比較し、 $V_a < V_{ref}$ のとき制御電圧 V_{cont} を“L”に反転し、励起光源4-aからのEDF5-aへの励起光供給および励起光源4-bからのEDF5-bへの励起光供給を停止してEDF5-aおよび5-bの増幅利得の増加を阻止することにより、容易に光サージの発生を防止することができる。

【0048】尚、上記第2の実施形態においては、光分波器6をプリアンプ31の出力側に設け、プリアンプ31のASE光パワーをモニタしていたが、光分波器6をポストアンプ32の出力側に設け、ポストアンプ32のASE光パワーに基づいて、励起光源4-aおよび4-bを制御するようにしても良く、またプリアンプ31とポストアンプ32のそれぞれに光分波器を設け、プリアンプ31のASE光パワーに基づいて励起光源4-aを制御し、ポストアンプ32のASE光パワーに基づいて励起光源4-bを制御するようにしても良い。

【0049】第3の実施形態

図7は本発明の第3の実施形態の光ファイバ増幅装置の回路構成図である。この光ファイバ増幅装置はEr添加光ファイバを用いた2つの光ファイバ増幅器により構成

される双方向光増幅装置である。図7の光ファイバ増幅装置は、光入出力ポート41-aおよび41-bと、光ファイバ増幅器(EDFA)42-aおよび42-bと、双方向光分波器43-aおよび43-bと、フォトダイオード(PD)7-aおよび7-bと、電圧比較器8-aおよび8-bとを有し、PD7-aと電圧比較器8-aは第1の光サージ防止手段を構成し、PD7-bと電圧比較器8-bは第2の光サージ防止手段を構成する。尚、PD7-aおよび7-bと電圧比較器8-aおよび8-bの機能は、図1の対応する構成要素と同じである。ただし、電圧比較器8-aには基準電圧Vref1が与えられ、電圧比較器8-bには基準電圧Vref2が与えられる。これらの基準電圧の値は、例えばともに図1に示すVrefである。

【0050】光入出力ポート41-aは、波長 λ_1 の信号光Ii(λ_1)が入力され、EDFA42-bで増幅された波長 λ_2 の信号光Io(λ_2)が出力される。また光入出力ポート41-bは、波長 λ_2 の信号光Ii(λ_2)が入力され、EDFA42-aで増幅された波長 λ_1 の信号光Io(λ_1)が出力される。尚、 λ_1 、 λ_2 の値は、例えば $\lambda_1=1540$ [nm]、 $\lambda_2=1550$ [nm]である。

【0051】EDFA42-aは、光アイソレータ2-aおよび2-bと、光多重器(WDM)3-aと、励起光源(LD)4-aと、エルビウム添加光ファイバ(EDF)5-aからなり、またEDFA42-bは、光アイソレータ2-cおよび2-dと、光多重器(WDM)3-bと、励起光源(LD)4-bと、エルビウム添加光ファイバ(EDF)5-bからなる。尚、EDFA42の構成要素の機能は、図1の対応する構成要素と同じである。また励起光源4-aと4-bを共通光源としても良い。

【0052】双方向光分波器43は、光入力端子INと、光入出力端子I/Oと、第1の光出力端子OUT1と、第2の光出力端子OUT2とを有し、端子INに入力された光の波長 λ_{m1} 成分を端子I/Oから出力し、波長 λ_{m2} の成分を端子OUT1から出力し、また端子I/Oに入力された光の波長 λ_{m2} 成分を端子OUT2から出力するものである。双方向光分波器43-aは、端子INをEDFA42-aの出力に接続し、端子I/Oを光入出力ポート41-bに接続し、 $\lambda_{m1}=\lambda_1$ 、 $\lambda_{m2}=\lambda_2$ として、端子OUT1をPD7-aに接続し、端子OUT2をEDFA42-bの入力に接続したものである。また双方向光分波器43-bは、端子INをEDFA42-bの出力に接続し、端子I/Oを光入出力ポート41-aに接続し、 $\lambda_{m1}=\lambda_2$ 、 $\lambda_{m2}=\lambda_1$ として、端子OUT1をPD7-aに接続し、端子OUT2をEDFA42-aの入力に接続したものである。双方向光分波器43-aおよび43-bは、例えば図2(a)に示すBPFモジュールを用いて構成される。

【0053】図8は双方向光分波器43のBPFモジュールによる構成図であり、(a)は双方向光分波器43-aを示し、(b)は双方向光分波器43-bを示す。双方向光分波器43-aには、透過中心波長を λ_2 とするBPFモジュール45を用い、ポートaと光入出力ポート41-b、ポートbと光アイソレータ2-b、ポートcと光アイソレータ2-d、ポートdとPD7-aをそれぞれ接続する。また双方向光分波器43-bには、透過中心波長を λ_1 とするBPFモジュール46を用い、ポートaと光アイソレータ2-a、ポートbとPD7-b、ポートcと光入出力ポート41-a、ポートdと光アイソレータ2-cをそれぞれ接続する。尚、BPFモジュール45として波長 λ_1 を反射し、波長 λ_2 を透過するBPFモジュールを用いても良く、BPFモジュール46として波長 λ_1 を透過し、波長 λ_2 を反射するBPFモジュールを用いても良い。また図9に示すように、双方向光分波器43-aとしてBPFモジュール46を用い、ポートaとPD7-a、ポートdと光入出力ポート41-bをそれぞれ接続しても良い。また双方向光分波器43-bとしてBPFモジュール45を用い、ポートbと光入出力ポート41-a、ポートcとPD7-bをそれぞれ接続しても良い。

【0054】次に、図7の光ファイバ増幅装置の動作について説明する。まず光入出力ポート41-aに信号光Ii(λ_1)が入力された場合の動作を説明する。Ii(λ_1)のパワーPi(λ_1)が図4に示すPit以上の定常値(例えば図5に示すPi2)であるときは、Ii(λ_1)は、双方向分波器43-bの端子I/Oに入力され、端子OUT2から出力される。すなわち図8(b)に示すBPFモジュール46のポートcに入力され、BPFを透過してポートaから出力される。そしてこのIi(λ_1)はEDF5-aにおいて増幅される。EDF5-aの出力光Iedf1は、双方向光分波器43-aの端子INに入力されて分波され、その信号光成分Io(λ_1)は端子I/Oから出力されて光入出力ポート41-bより外部光伝送路に送出され、またASE光成分Iedf1(A)は端子OUT1から出力される。すなわち図8(a)に示すBPFモジュール45のポートbに入力され、Io(λ_1)はBPFで反射されてポートaから出力され、Iedf1(A)はBPFを透過してポートdから出力される。上記のASE光成分Iedf1(A)はPD7-aによりASE検出電圧Va1に変換されて電圧比較器8-aに入力される。このときVa1はVref1以上となり、励起光源4-aには“H”の制御電圧Vcont1が出力されており、励起光源4-aは継続的に起動されている。

【0055】次に入力信号光パワーPi(λ_1)がPt以下(例えば0)に変化すると、EDF5-aの増幅利得が増加し、EDF5-aの出力ASE光パワーが上昇する。これによりASE検出電圧Va1のレベルも上昇

17

し、 $V_{a1} > V_{ref1}$ となると、電圧比較器8-aは制御電圧 V_{cont1} を“L”に反転させて、励起光源4-aを遮断し、EDF5-aの増幅利得の増大が阻止される。これにより、入力信号光パワーが $P_i(\lambda_1)$ が再び P_t 以上に変化しても、EDF5-aにおける光サージの発生が防止される。

【0056】光入出力ポート41-bに信号光 $I_i(\lambda_2)$ が入力された場合の動作も上記と同様である。 $I_i(\lambda_2)$ のパワー $P_i(\lambda_2)$ が P_t 以上の定常値であるときは、 $I_i(\lambda_2)$ は、双方向分波器43-aの端子OUT2からEDFA42-bに入力され、増幅される。EDF5-bの出力光 I_{edf2} は、双方向光分波器43-aで分波され、その信号光成分 $I_o(\lambda_2)$ は端子I/Oから出力され、またASE光成分 $I_{edf2}(A)$ は端子OUT1から出力されてPD7-aによりASE検出電圧 V_{a2} に変換され、電圧比較器8-bに入力される。このとき $V_{a2} > V_{ref2}$ となり、励起光源4-aには“H”の制御電圧 V_{cont2} が出力されており、励起光源4-bは継続的に起動されている。

【0057】次に入力信号光パワー $P_i(\lambda_2)$ が P_t 以下(例えば0)に変化すると、EDF5-bの出力ASE光パワーが上昇し、これによりASE検出電圧 V_{a2} のレベルも上昇し、 $V_{a2} > V_{ref2}$ となると、電圧比較器8-bは制御電圧 V_{cont2} を“L”に反転させて、励起光源4-bを遮断し、EDF5-bの増幅利得の増大が阻止される。これにより、入力信号光パワーが $P_i(\lambda_2)$ が再び P_t 以上に変化しても、EDF5-bにおける光サージの発生が防止される。

【0058】このように上記第3の実施形態によれば、双方向光分波器43-aにより分波されたEDF5-aからのASE光 $I_{edf1}(A)$ をPD7-aによりそのレベルに応じた電圧 V_{a1} に変換し、この検出電圧 V_{a1} を電圧比較器8-aで基準電圧 V_{ref1} と比較し、 $V_{a1} < V_{ref1}$ のとき制御電圧 V_{cont1} を“L”に反転し、励起光源4-aからのEDF5-aへの励起光供給を停止させ、EDF5-aの増幅利得の増加を阻止し、同様に双方向光分波器43-bにより分波されたEDF5-bからのASE光 $I_{edf2}(A)$ をPD7-bによりそのレベルに応じた電圧 V_{a2} に変換し、この検出電圧 V_{a2} を電圧比較器8-bで基準電圧 V_{ref2} と比較し、 $V_{a2} < V_{ref2}$ のとき制御電圧 V_{cont2} を“L”に反転し、励起光源4-bからのEDF5-bへの励起光供給を停止させ、EDF5-bの増幅利得の増加を阻止することにより、容易に光サージの発生を防止することができる。

【0059】

【発明の効果】以上のように本発明の光ファイバ増幅装置によれば、光ファイバ増幅器の出力光から信号光波長を含まない自然放光を波長分波し、この自然放光の

18

レベルに基づいて励起光の供給を制御することにより、容易に光サージの発生を防止することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態の光ファイバ増幅装置の回路構成図である。

【図2】本発明の光ファイバ増幅装置における光分波器または双方向光分波器として用いられるBPFモジュールおよび光サーキュレータとグレーティングファイバによるモジュールの構成説明図である。

【図3】図2のBPFモジュールのフィルタ特性図である。

【図4】本発明の光ファイバ増幅装置におけるエルビウム添加光ファイバの増幅特性を説明する図である。

【図5】本発明の光ファイバ増幅装置における入力信号光パワーの経時変化の一例を示す図である。

【図6】本発明の第2の実施形態の光ファイバ増幅装置の回路構成図である。

【図7】本発明の第3の実施形態の光ファイバ増幅装置の回路構成図である。

【図8】本発明の第3の実施形態の光ファイバ増幅装置における双方向光分波器のBPFモジュールによる構成図である。

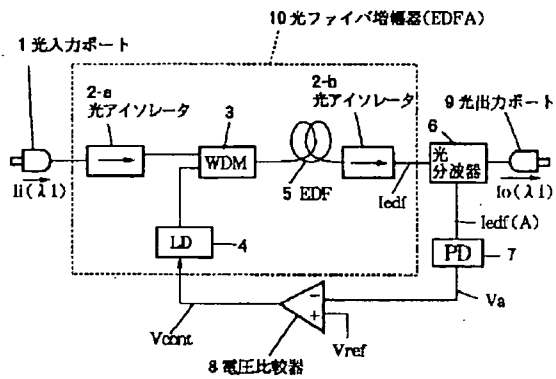
【図9】本発明の第3の実施形態の光ファイバ増幅装置における双方向光分波器のBPFモジュールによる別の構成図である。

【図10】従来の光ファイバ増幅装置の一例を示す回路構成図である。

【符号の説明】

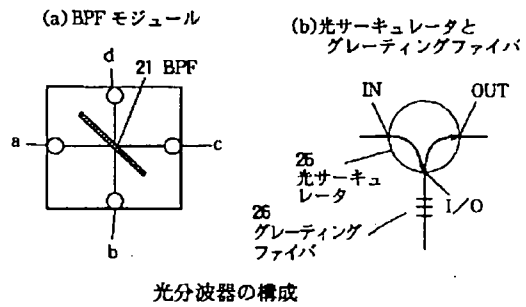
- 1 光入力ポート
- 2 光アイソレータ
- 3 光多重器(WDM)
- 4 励起光源(LD)
- 5 エルビウム添加光ファイバ(EDF)
- 6 光分波器
- 7 フォトダイオード(PD)
- 8 電圧比較器
- 9 光出力ポート
- 10、42 光ファイバ増幅器(EDFA)
- 21 バンドパスフィルタ(BPF)
- 25 光サーキュレータ
- 26 グレーティングファイバ
- 31 プリアンプ
- 32 ポストアンプ
- 41 光入出力ポート
- 43 双方向光分波器
- 45、46 BPFモジュール

【図1】

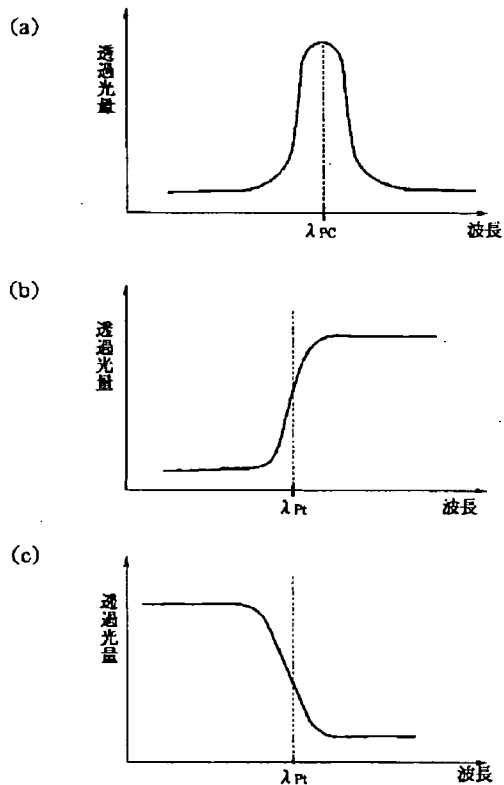


本発明の第1の実施形態

【図2】

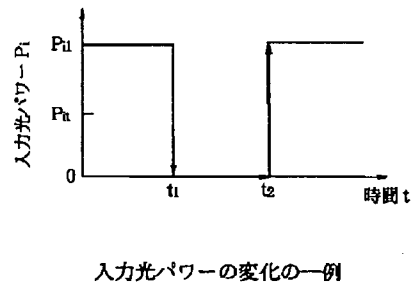


【図3】



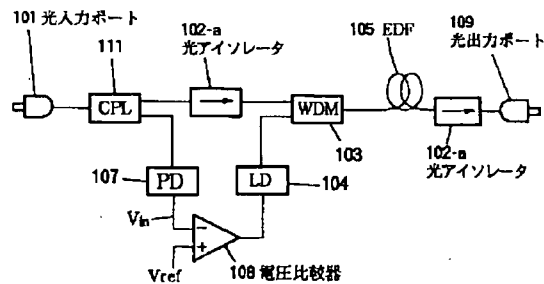
BPF モジュールのフィルタ特性

【図5】



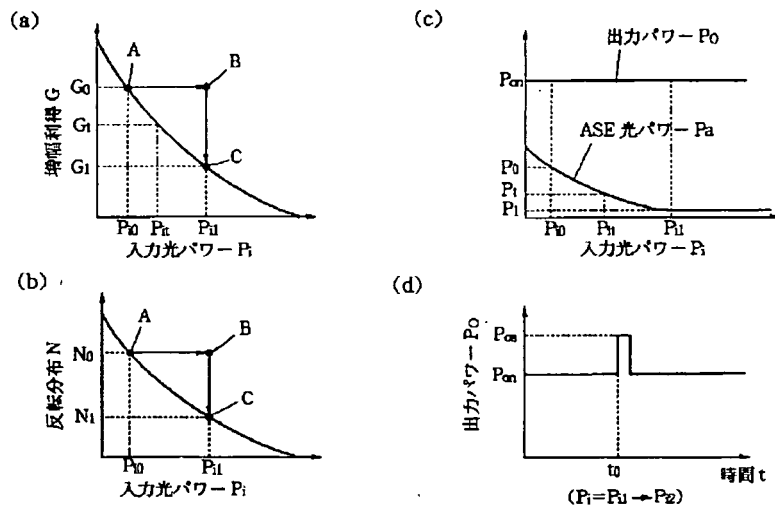
入力光パワーの変化の一例

【図10】



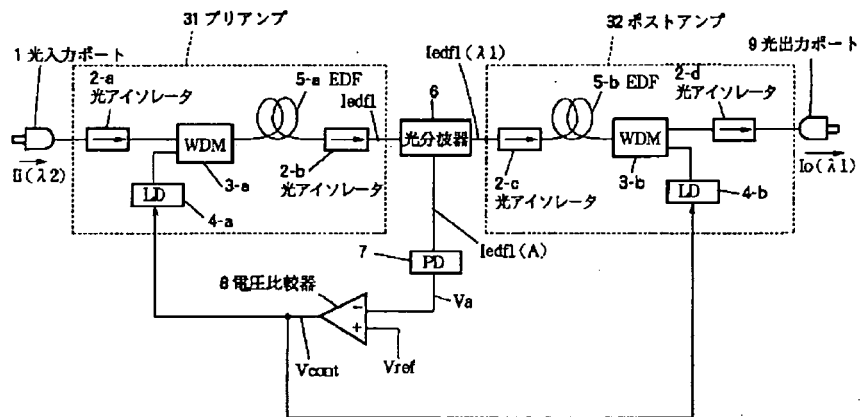
従来の光ファイバ増幅装置

【図4】



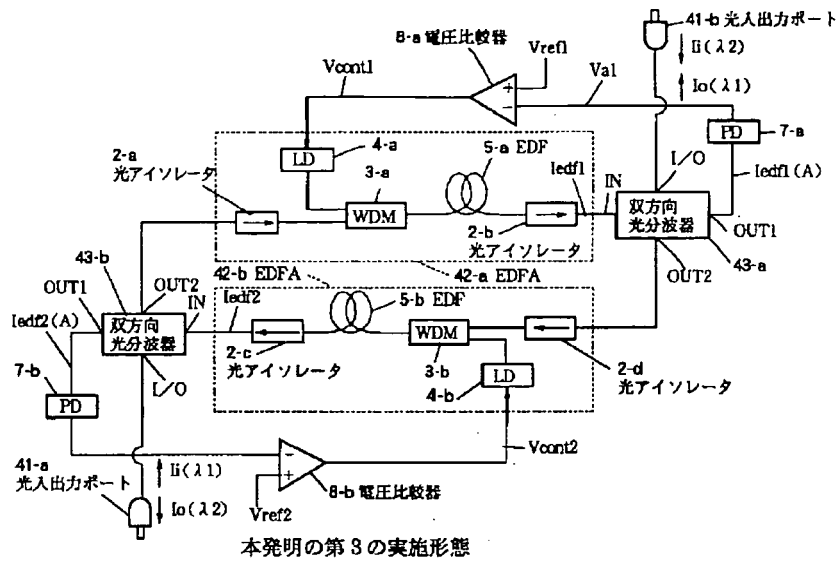
EDF の増幅特性の説明図

【図6】

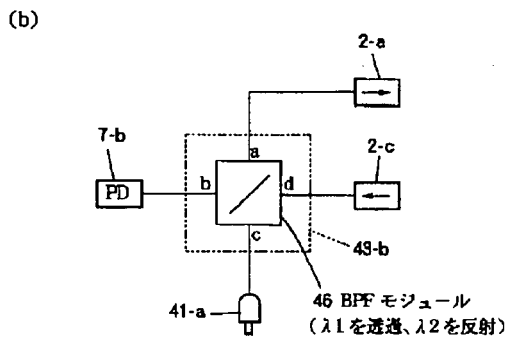
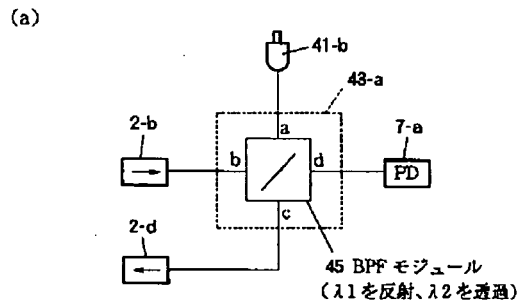


本発明の第2の実施形態

【図7】

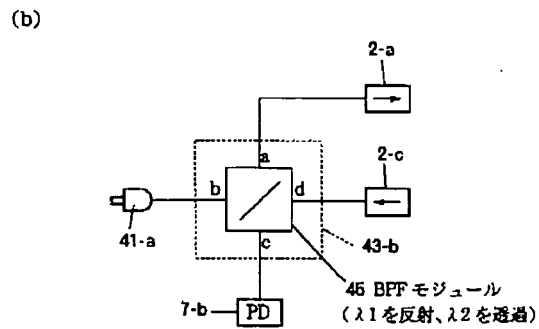
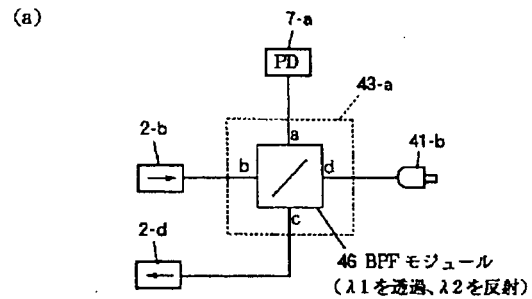


【図8】



第3の実施形態における光分波器の構成

【図9】



第3の実施形態における光分波器の別の構成

フロントページの続き

| (51)Int.Cl. ⁶ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|--------------------------|------|--------|-----|--------|
|--------------------------|------|--------|-----|--------|

| | | | | |
|---------|-------|--|--|--|
| H 0 4 B | 10/17 | | | |
|---------|-------|--|--|--|

| | | | | |
|--|-------|--|--|--|
| | 10/16 | | | |
|--|-------|--|--|--|

| | | | | |
|--|-------|--|--|--|
| | 10/02 | | | |
|--|-------|--|--|--|

| | | | | |
|--|-------|--|--|--|
| | 10/18 | | | |
|--|-------|--|--|--|

| | | | | |
|---------|-------|--|--|--|
| H 0 4 J | 14/00 | | | |
|---------|-------|--|--|--|

| | | | | |
|--|-------|--|--|--|
| | 14/02 | | | |
|--|-------|--|--|--|

| | | | | |
|---------|------|--|--|--|
| (72)発明者 | 若林 学 | | | |
|---------|------|--|--|--|

| | | | | |
|--|------------------------|-----|--|--|
| | 東京都港区虎ノ門 1 丁目 7 番 12 号 | 沖電気 | | |
|--|------------------------|-----|--|--|

| | | | | |
|--|---------|--|--|--|
| | 工業株式会社内 | | | |
|--|---------|--|--|--|